

鉛直および水平スリットダムの機能に関する実験

京都大学農学研究科 ○馬場浩司, 水山高久, 藤田正治, 武蔵由育

1.はじめに

透過型ダムでは土砂の流出を積極的に許すので、満砂するまでに時間もかかり、たとえ満砂しても、その後の中小洪水でほとんどの土砂を流下させることができれば、大洪水の時いつでも土砂調節容量を確保することができる。図1は、透過型ダムである鉛直スリット(Vertical Slit)ダムと水平スリット(Horizontal Slit)ダムの機能の概念図である。両方のダムでピーク流出土砂量が抑えられ、土砂のピーク流出時刻が遅れている。それに加えて水平スリットダムでは、堰上げが起こるまでは土砂が堆積しないので、最も危険である土砂のピーク流入時に十分な容量があることが期待される。

このように期待される機能について確かめるために、鉛直および水平スリットダムについて(1)流量変化に伴う堰直上水位の実験、(2)定常流での堆砂実験、(3)非定常流での堆砂実験を行い、両者を比較しながらそれらの機能について考察した。実験には図2のようなダムの模型を用いた。

2.流量変化に伴う堰直上水深

2.1 実験方法

実験には幅15.5cm、長さ4mの水路を用いた。鉛直スリットダムはスリット幅4cm、水平スリットダムはスリット高1.3cmとした。流量を0.5l/sから2.5l/sまで0.1l/sずつ増加させた後、2.5l/sから0.5l/sまで0.1l/sずつ減少させた時の堰直上での水深を計測した。

2.2 堰直上水深の式について

流量とスリット幅と堰直上水深の関係は、鉛直スリットダムでは式(1)、水平スリットダムでは堰上げのない時は式(2)、堰上がっている時は式(3)で表される。

$$Q = 2/3 C_1 b \sqrt{2gh_s^{3/2}} \quad (1) \quad Q: \text{流量}, C_1, C_2: \text{流量係数}, h_s: \text{堰上げ水深}$$

$$Q = 1/n * B h_s^{5/3} I^{1/2} \quad (2) \quad \text{深}, b: \text{スリット幅}, n: \text{マンニングの粗度}$$

$$Q = C_2 a B \sqrt{2gh_s} \quad (3) \quad \text{係数}, I: \text{勾配}, a: \text{スリット高}, B: \text{水路幅}$$

2.3 実験結果

図3は流量を変化させた時の堰直上水深のグラフであり、2つの特徴が表れている。1つは増加過程で鉛直スリットダムでは最初から堰上がっているのに対し、水平スリットダムでは堰上がるまでは式(2)に従い、流量が2.2l/sで堰上がってから式(3)に従った。また減少過程では鉛直スリットダムの方は増加過程と同じ道りを逆に進むのに対し、水平スリットダムでは水深がスリット高より低くなるまで式(3)に従った。次の特徴は h_s は鉛直スリットダムでは $Q^{2/3}$ に比例し、水平スリットダムでは Q^2 に比例しているため、流量が減少し始めた直後は水平スリットダムの方が水深が急激に低下した。

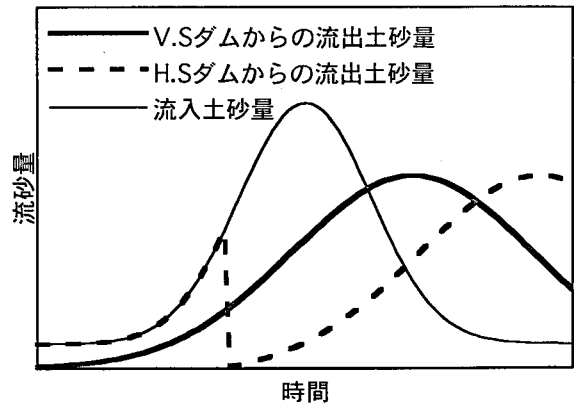


図1 ダムの土砂流出調節機能の概念図

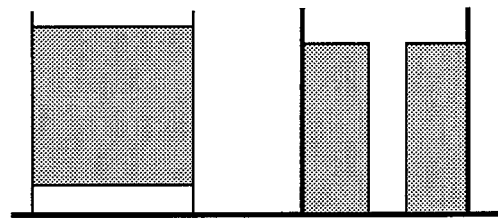


図2 ダムの正面図

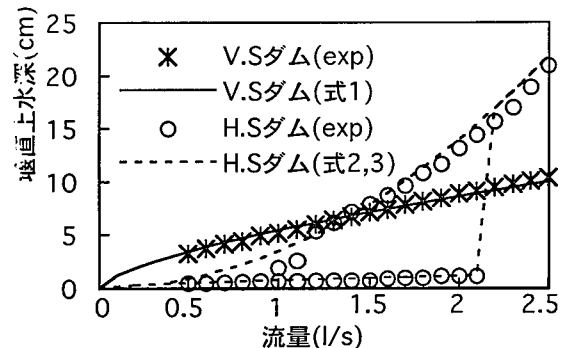


図3 堰直上水深の比較

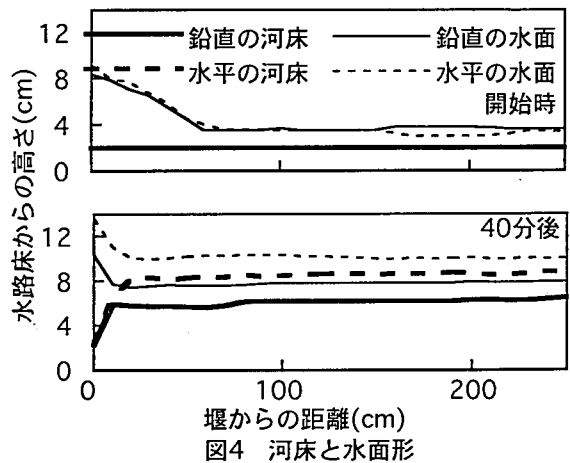


図4 河床と水面形

3. 定常流での堆砂過程

3.1 実験方法

第2章と同じ水路とダムを用いた。流量 1.5l/s, 流入土砂量は初期河床勾配に対する平衡流砂量である 92g/s を与えた。

3.2 実験結果と考察

図4は両者のダムでの河床と水面形を比較したグラフである。初期水深は両者で同じであるが、だんだんと水平スリットダムの方が水深が深くなった。これは堰付近に砂が貯まってくると、スリット周辺の水流の渦が強くなるためだと思われる。水深が深くなるとその分、土砂も貯まり、図5のように水平スリットダムの方が土砂流出が遅れた。

4. 非定常流での堆砂と侵食過程

4.1 実験方法

第2章と同じ水路を用い、スリット幅 3.8cm, スリット高 1.1cm に調整した。流量と給砂量をそれぞれ図6, 図7のように変化させた。このとき最大流量時では堰直上での水深が両者のダムで同じである。給砂は初期河床勾配における各流量に対する平衡流砂量を与え、それぞれの段階で堆砂が平衡状態になるまで続けられた。

4.2 実験結果と考察

図7は非定常流での両者のダムの流出土砂量のグラフで、図8は堰直上水深の実測値と計算値のグラフである。

図8に見られるように、鉛直スリットダムでの水深は式(1)とほぼ一致したが、水平スリットダムでは、堰上がっている時の水深が式(3)より高くなった。等流水深の時はほぼ一致していることから考えると、第3章で述べたのと同じ理由だと考えられる。

次に図8より、40分までは水平スリットダムでは堰上がっていないので、図7で土砂はほとんど流出しているが、鉛直スリットダムでは土砂が堆積して流出が遅れた。40分で流量が 1.1l/s になると水平スリットダムでも堰上がり、それまでダムが空だったので、土砂の最大流入時に十分な容量がある。それに対して鉛直スリットダムでは、ほぼ満砂状態にあるので、土砂流出はあまり遅れなかった。70分で流量を減少させると、第2章で述べたように鉛直スリットダムにくらべて、水平スリットダムでは大幅に水位が下がった。水位が下がると河床が低下し、貯まっていた土砂が流出してしまうが、このとき図7より流入土砂量と流出土砂量はほぼ同じで、ダムは満砂状態にあるので、流入土砂量を上回る土砂が流出した。

5. おわりに

今後の課題として2つのことが残った。1つは第4章の実験で流入土砂量を上回る土砂が流出したことで、これがどういう状況で起こるのか知るために、もっと多くのケースで実験を行う必要がある。もう1つは砂を流した時に水平スリットダムで式(2)よりも水深が深くなったことで、これについてももう少し詳しく調べる必要がある。

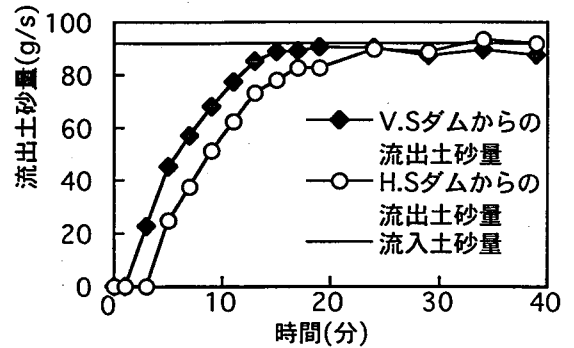


図5 定常流での流出土砂量の比較

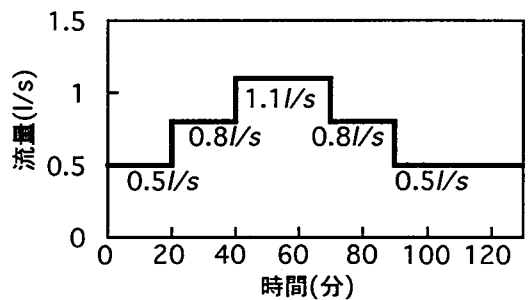


図6 非定常流の流量設定

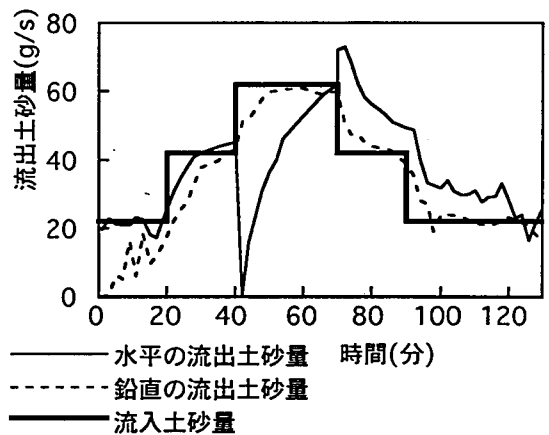


図7 非定常流での流出土砂量の比較

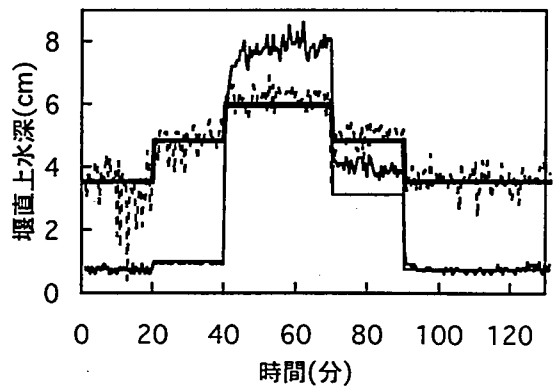


図8 非定常流での堰直上水深